

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**ANALISIS PERFORMANSI SISTEM *FREE SPACE OPTIC* PADA  
*UNDERGROUND TRAIN* MENGGUNAKAN  
*LINE CODING RZ***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



**UIN SUSKA RIAU**

Oleh :

**RESTA PEBRIANI**

**11555202737**

**UIN SUSKA RIAU**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU**

**PEKANBARU**

**2019**

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

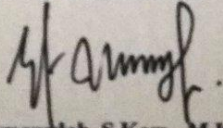
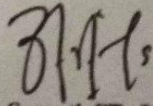
**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISIS PERFORMANSI SISTEM *FREE SPACE OPTIC* PADA  
UNDERGROUND TRAIN MENGGUNAKAN LINE CODING RZ**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :  
**RESTA PEBRIANI**  
11555202737

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro,  
di Pekanbaru, pada tanggal 19 Desember 2019

<p><b>Ketua Program Studi</b></p>  <p><b><u>Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom</u></b> NIP. 19750922 200912 2 002</p>	<p><b>Pembimbing</b></p>  <p><b><u>Rika Susanti, ST., M.Eng</u></b> NIP. 19770731 200710 2 003</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ii



### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS PERFORMANSI SISTEM *FREE SPACE OPTIC* PADA *UNDERGROUND TRAIN* MENGGUNAKAN *LINE CODING RZ*

## TUGAS AKHIR



Oleh:

**RESTA PEBRIANI**  
**11555202737**

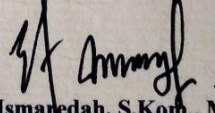
Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
di Pekanbaru, pada tanggal 19 Desember 2019

Pekanbaru, 19 Desember 2019

Mengesahkan,

  
Dekan  
  
**Dr. Ahmad Darmawi, M.Ag**  
NIP. 19660604 198803 1 004

Ketua Program Studi

  
**Ewi Ismanedah, S.Kom., M.Kom.**  
NIP. 19750922 200912 2 002

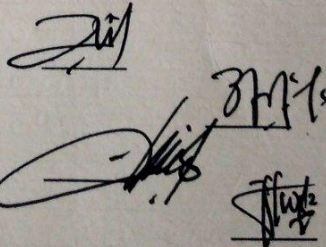
#### Dewan Penguji :

Ketua : Aulia Ullah, S.T., M.Eng

Sekretaris : Rika Susanti, S.T., M.Eng

Anggota I : Dr. Teddy Purnamirza, ST., M.Eng  
iii

Anggota II : Mulyono, S.T., M.T.



## LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa didalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 19 Desember 2019

Yang membuat pernyataan,

**RESTA PEBRIANI**  
**NIM. 11555202737**

UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*“Karena sesungguhnya bersama setiap kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama setiap kesulitan ada kemudahan” (Q.S Al Insyirah : 5 - 6).*

“Untuk Ibu, Ibu, Ibu Suliati Tercinta dan Ayahanda  
terhormat Slamet, serta Saudara Perempuan tercinta

Nabilla Azhara Putri

Karya ini kupersembahkan untukmu Ibu

Alhamdulillah puji dan syukur saya ucapkan kepada Allah SWT, yang selalu memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya. Shalawat dan salam ucapkan kepada nabi Muhammad SAW, yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah hingga zaman islamiah.

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk orang tua yang telah memberikan saya kesempatan untuk bisa menjadi seorang anak yang mandiri dan terdidik, dengan kerja keras dan do’a – do’a yang selalu Ibu, Ayah panjatkan didalam sujudmu demi masa depan anak- anakmu, dan istri tercinta yang selalu memberi dukungan dan semangat. Semoga dengan menyelesaikan masa belajar ini kami berharap bisa menjadi kebanggaan untukmu. Ucapan terimakasih yang sangat besar bagi dosen pembimbing Ibu Rika Susanti, ST., M.Eng., Teman-teman seperjuangan yang secara tidak langsung menjadi mentor diskusi dan saudara perjuangan Ilham Widi Rahmansyah selaku wadah inspirasi. Semoga Allah limpahkan keberkahan, kesehatan dan umur yang panjang, tak sedikitpun jasa mu mampu terbalaskan, begitu luas dan dalam.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# ANALISIS PERFORMANSI SISTEM *FREE SPACE OPTIC* PADA *UNDERGROUND TRAIN* MENGGUNAKAN *LINE CODING RZ*

**RESTA PEBRIANI**  
**11555202737**

Tanggal sidang : 19 Desember 2019

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

## ABSTRAK

Untuk memenuhi kebutuhan layanan komunikasi bagi para pengguna jasa transportasi, dibutuhkan sistem komunikasi yang handal. *Free Space Optic* (FSO) merupakan alternatif terbaik yang dapat digunakan di dalam penyediaan layanan komunikasi bagi para pengguna jasa transportasi *Underground Train*. Dalam pengiriman sinyal informasi penggunaan *line coding* memegang peranan penting karena hal tersebut dapat mempengaruhi laju tingkat kesalahan data, kecepatan pengiriman, dan kualitas pada sinyal. *Line coding Return to Zero* (RZ) merupakan *line coding* yang digunakan pada penelitian ini. Penelitian ini menggunakan Standar ITU-T sebagai nilai acuan dalam memverifikasikan model sistem dengan nilai BER sebesar  $10^{-9}$  atau setara dengan nilai *Q-Factor* sebesar 6. Berdasarkan hasil simulasi pada model sistem diperoleh bahwa dengan penambahan setiap daya input 5 dBm dapat meningkatkan jarak transmisi lebih kurang 100 m sampai dengan 200 m. Penggunaan *bitrate* 1,2 Gbps pada daya 0 dBm jarak transmisi yang ditempuh 400 m, sedangkan pada *bitrate* 40 Gbps jarak transmisi yang ditempuh 200 m, penggunaan *bitrate* 1,2 Gbps pada daya 25 dBm jarak transmisi yang ditempuh 1000 m sedangkan pada *bitrate* 40 jarak transmisi yang ditempuh 800 m sehingga penggunaan daya input dapat mempengaruhi jarak transmisi. Pada perhitungan *Link power budget* konsumsi daya pada sistem FSO menggunakan *line coding* RZ untuk jarak 500 m adalah 19,939 dB, sedangkan untuk jarak 1400 m adalah 51,316 dB.

**Kata Kunci :** *Free Space Optic* (FSO), *Return to Zero* (RZ), *Bit Error Rate* (BER), *Power Budget*



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# **PERFORMANCE ANALYSIS OF FREE SPACE OPTIC SYSTEM IN UNDERGROUND TRAIN USING RZ LINE CODING**

**RESTA PEBRIANI**  
**11555202737**

*Date of Final Exam : December 19, 2019*

*Department of Electrical Engineering  
Faculty of Science and Technology  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau  
Soebrantas St. No. 155 Pekanbaru – Indonesia*

## **ABSTRACT**

*To meet the needs of communication services for users of transportation services, a reliable communication system is needed. Free Space Optic (FSO) is the best alternative that can be used in the provision of communication services for users of Underground Train transportation services. In sending information signals the use of line coding plays an important role because it can affect the rate of data error rate, speed of delivery, and quality of the signal. Return to Zero (RZ) line coding is the line coding used in this study. This study uses ITU-T Standards as a reference value in verifying a system model with a BER value of  $10^{-9}$  or equivalent to a Q-Factor value of 6. Based on simulation results on the system model, it is obtained that the addition of each 5 dBm input power can increase transmission distance approximately 100 m to 200 m. The use of 1.2 Gbps bitrate at 0 dBm power transmission distance traveled 400 m, while at 40 Gbps bitrate transmission distance taken 200 m, the use of 1.2 Gbps bitrate at 25 dBm power transmission distance traveled 1000 m while at 40 distance bitrate transmission traveled 800 m so that the use of input power can affect the transmission distance. In the calculation of the Link power budget the power consumption on the FSO system using RZ line coding for a distance of 500 m is 19,939 dB, while for a distance of 1400 m it is 51,316 dB.*

**Keywords :** *Free Space Optic (FSO), Return to Zero (RZ), Bit Error Rate (BER), Power Budget*



## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh*

Dengan Mengucap puji dan syukur kehadiran Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat, nikmat dan hidayah-Nya kepada penulis. Shalawat beriring salam buat junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan tauladan bagi seluruh umat di dunia yang patut dicontoh dan diteladani. Atas ridho Allah SWT penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “**Analisis Performansi Sistem Free Space Optic pada Underground Train menggunakan Line Coding RZ**”.

Maksud dan tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan program Studi Strata I pada Teknik Elektro di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Penulis menyadari bahwa dalam menyusun tugas akhir ini masih menemui beberapa kesulitan dan hambatan, disamping itu juga menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan-kekurangan lainnya, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak.

Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang membantu dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Diantara lain :

1. Bapak, Mama Tersayang serta keluarga sekalian penulis yang telah mendukung agar penulis dapat menjalankan kuliah ini dengan semangat, serta doa yang selalu diberikan.
2. Bapak Dr.Ahmad Darmawi., M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan Jajarannya.
3. Ibu Ewi Ismaredah,S.Kom.,M.Kom selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau yang telah membuat proses administrasi menjadi lebih efektif sehingga penulis lebih mudah dalam melengkapi berkas-berkas untuk Tugas Akhir dan pengalaman-pengalaman luar biasa beliau yang penulis rasakan.
4. Ibu Rika Susanti,ST.,M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Bapak Dr. Teddy Purnamirza ST.,M.Eng selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan masukan dan ide dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Mulyono ST.,MT selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan ide dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Ahmad Faizal, ST., MT selaku koordinator Tugas Akhir yang telah banyak membantu penulis.
8. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan arahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Terkhusus untuk Ilham Widi Rahmansyah yang telah memberikan dukungan, semangat serta motivasi yang tiada henti kepada penulis.
10. Seluruh kakak-kakak tingkat Fiber Optik Team, Teknik Elektro D 2015 dan Telekomunitas, terimakasih atas do'a, semangat, dorongan dan bantuannya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Mbak Aca, Kak R.R.Retno Handayani ST, Bg Duan Wahyudi ST, Qhory Hubbairah, Ramadhani, Angga Prasetya, Fadhil Al- Arif, Vanny Rahmayani, Putri Nengsih dll yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terimakasih atas dukungan, kerjasama dan pengorbanan yang telah diberikan kepada penulis selama ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materil mendapat balasan pahala dari Allah SWT, dan sebuah harapan dari penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca semua pada umumnya.

Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Pekanbaru, 19 Desember 2019

Penulis,

**Resta Pebriani**



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN COVER</b>	
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL</b> .....	iv
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	v
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR PERSAMAAN</b> .....	xvi
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-2
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-3
1.4 Batasan Masalah .....	I-3
1.5 Manfaat Penelitian .....	I-3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terkait .....	II-1
2.2 <i>Free Space Optic</i> .....	II-2
2.3 Sumber Optik .....	II-4
2.3.1 <i>Light Emitting Diode (LED)</i> .....	II-4
2.3.2 <i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER)</i> ..	II-5
2.4 <i>Photodetector</i> (Detektor Optik) .....	II-6
2.4.1 <i>Photodetector PIN</i> .....	II-6
2.4.2 <i>Photodetector APD</i> .....	II-7

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.5 Wilayah Kerja Panjang Gelombang Optik.....	II-9
2.6 Pengkodean Data.....	II-10
2.6.1 <i>Return to Zero</i> (RZ) .....	II-11
2.7 Parameter Performansi .....	II-11
2.7.1 <i>Link Power Budget</i> .....	II-11
2.7.2 <i>Q-Factor</i> .....	II-11
2.7.3 <i>Bit Error Rate</i> (BER) .....	II-12
2.8 Perangkat Lunak <i>Optisystem</i> .....	II-12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 <i>Flow Chart</i> Penelitian .....	III-1
3.2 Desain Simulasi .....	III-3
3.3 Pemodelan Sistem .....	III-4
3.4 Parameter <i>Set up</i> .....	III-5
3.5 Simulasi Pengujian Model Sistem .....	III-7
3.6 Skenario Penelitian .....	III-7
3.6.1 Penentuan Jarak Transmisi Maksimum dengan Daya Input Berbeda ....	III-7
3.6.2 Penentuan Jarak Transmisi Maksimum dengan <i>Bit Rate Berbeda</i> .....	III-8
3.7 Perhitungan <i>Link Power Budget</i> (LPB) .....	III-9
3.8 Analisa Hasil untuk beberapa Skenario .....	III-9
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Verifikasi Model Sistem .....	IV-1
4.2 Pengaruh Jarak Transmisi Maksimum Terhadap Daya Input yang Berbeda..	IV-2
4.3 Pengaruh Jarak Transmisi Terhadap <i>Bitrate</i> Berbeda.....	IV-12
4.4 Perhitungan <i>Link Power Budget</i> .....	IV-22
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran.....	V-1
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Sistem pada <i>Free Space Optic</i> .....	II-3
2.2 Simbol LED .....	II-4
2.3 Struktur Dasar LASER .....	II-5
2.4 Panjang Gelombang .....	II-10
2.5 Format Kode pada RZ .....	II-11
2.6 Tampilan <i>Software Optisystem</i> .....	II-12
3.1 <i>Flow Chart</i> Penelitian .....	III-2
3.2 Blok Diagram Sistem .....	III-3
3.3 Model Sistem FSO menggunakan <i>Line Coding</i> RZ pada <i>Optisystem</i> .....	III-4
3.4 Iterasi Penentuan Daya Input .....	III-8
3.5 Iterasi Penentuan <i>Bitrate</i> .....	III-9
4.1 <i>Bit Error Rate</i> pada Model Sistem FSO menggunakan <i>Line Coding</i> RZ .....	IV-2
4.2 Grafik Pengaruh Jarak Transmisi dengan Daya Input yang Berbeda pada <i>bitrate</i> 1.2 Gbps .....	IV-3
4.3 Grafik Pengaruh Jarak Transmisi dengan Daya Input yang Berbeda pada <i>bitrate</i> 2.5 Gbps .....	IV-5
4.4 Grafik Pengaruh Jarak Transmisi dengan Daya Input yang Berbeda pada <i>bitrate</i> 10 Gbps .....	IV-7
4.5 Grafik Pengaruh Jarak Transmisi dengan Daya Input yang Berbeda pada <i>bitrate</i> 20 Gbps .....	IV-9
4.6 Grafik Pengaruh Jarak Transmisi dengan Daya Input yang Berbeda pada <i>bitrate</i> 40 Gbps .....	IV-11
4.7 Grafik Pengaruh Jarak Transmisi dengan <i>Bitrate</i> yang Berbeda pada Daya Input 0 dBm .....	IV-13
4.8 Grafik Pengaruh Jarak Transmisi dengan <i>Bitrate</i> yang Berbeda pada Daya Input 5 dBm .....	IV-14
4.9 Grafik Pengaruh Jarak Transmisi dengan <i>Bitrate</i> yang Berbeda pada Daya Input 10 dBm .....	IV-16
4.10 Grafik Pengaruh Jarak Transmisi dengan <i>Bitrate</i> yang Berbeda pada Daya Input 15 dBm .....	IV-18
4.11 Grafik Pengaruh Jarak Transmisi dengan <i>Bitrate</i> yang Berbeda pada Daya Input	

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

0 dBm .....	IV-19
4.12 Grafik Pengaruh Jarak Transmisi dengan Bitrate yang Berbeda pada Daya Input	
5 dBm .....	IV-21





## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Parameter <i>Global Set up</i> pada <i>Optisystem</i> .....	III-3
3.2 Parameter CW Laser .....	III-5
3.3 Parameter PRBS .....	III-6
3.4 Parameter FSO <i>Channel</i> .....	III-6
3.5 Parameter <i>Photodetector</i> PIN.....	III-6
4.1 Performansi Sistem pada <i>Bitrate</i> 1,2 Gbps .....	IV-3
4.2 Performansi Sistem pada <i>Bitrate</i> 2,5 Gbps .....	IV-4
4.3 Performansi Sistem pada <i>Bitrate</i> 10 Gbps .....	IV-6
4.4 Performansi Sistem pada <i>Bitrate</i> 20 Gbps .....	IV-8
4.5 Performansi Sistem pada <i>Bitrate</i> 40 Gbps .....	IV-10
4.6 Performansi Sistem pada Daya Input 0 dBm .....	IV-12
4.7 Performansi Sistem pada Daya Input 5 dBm .....	IV-14
4.8 Performansi Sistem pada Daya Input 10 dBm .....	IV-15
4.9 Performansi Sistem pada Daya Input 15 dBm .....	IV-17
4.10 Performansi Sistem pada Daya Input 20 dBm .....	IV-18
4.11 Performansi Sistem pada Daya Input 25 dBm .....	IV-20
4.12 Hasil Pengukuran Daya Keluaran Optik pada masing-masing Komponen.....	IV-22

UIN SUSKA RIAU

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR PERSAMAAN

Rumus	Halaman
Persamaan 2.1 .....	II-6
Persamaan 2.2 .....	II-7
Persamaan 2.3 .....	II-8
Persamaan 2.4 .....	II-8
Persamaan 2.5 .....	II-8
Persamaan 2.6 .....	II-11
Persamaan 2.7 .....	II-12
Persamaan 2.8 .....	II-12

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR SINGKATAN

=	<i>Free Space Optic</i>
=	<i>Non Return Zero</i>
=	<i>Return to Zero</i>
=	<i>Bit Error Rate</i>
=	<i>Light Emitting Diode</i>
=	<i>Light Amplification by Stimulated</i>
=	<i>Continuous Wave</i>
=	<i>Vercital Cavity Surface Emitting Laser</i>
=	<i>Fabry Perot Laser</i>
=	<i>Distributed Feedback Laser</i>
=	<i>Positive Instrinsic Negative</i>
=	<i>Avalance Photo Diode</i>
=	<i>Bit Error Rate</i>
=	<i>Pseudo Random Bit Sequence</i>
=	<i>Mach Zehnder Modulator</i>
=	<i>Link Power Budget</i>



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya zaman seperti saat sekarang ini manusia tidak terlepas dari adanya penggunaan teknologi. Teknologi merupakan salah satu faktor utama dalam kehidupan manusia, karena teknologi dapat memberikan kemudahan bagi para penggunanya. Teknologi ini akan terus berkembang dari waktu ke waktu sesuai dengan kebutuhannya. Perkembangan teknologi menyebar luas ke berbagai bidang kehidupan seperti bidang telekomunikasi, informasi, dan transportasi.

Satu bidang teknologi bisa saja sangat berhubungan dengan bidang lainnya, seperti teknologi transportasi perlu didukung oleh teknologi telekomunikasi di dalam penyediaan layanan komunikasi bagi pengguna jasa layanan transportasi tersebut. Untuk memenuhi kebutuhan layanan komunikasi bagi para pengguna jasa transportasi, dibutuhkan sistem komunikasi yang handal [1]. *Free Space Optic* (FSO) merupakan alternatif terbaik yang dapat digunakan di dalam penyediaan layanan komunikasi bagi para pengguna jasa transportasi *Underground Train*. FSO merupakan suatu teknologi komunikasi *wireless* yang menggunakan media cahaya agar dapat menransmisikan data, suara dan komunikasi video melalui udara. Sumber cahaya yang digunakan dapat berupa LED (*Light Emitting Diode*) maupun Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*). Sistem FSO ini menarik perhatian luas karena memiliki *bandwidth* yang lebar, biaya instalasi yang lebih murah, *bit rate* dan tingkat keamanan yang tinggi, tahan terhadap interferensi gelombang RF dan tidak memerlukan lisensi dalam penggunaan spektrum [2].

Dalam pengiriman sinyal informasi pada sistem komunikasi, penggunaan *line coding* memegang peranan penting karena hal tersebut dapat mempengaruhi laju tingkat kesalahan data, kecepatan pada proses pengiriman, dan kualitas pada sinyal [3]. Untuk menghasilkan suatu sistem yang berjalan dengan optimal dibutuhkan *line coding* yang tepat. *Line coding Return to Zero* (RZ) merupakan *line coding* yang dapat digunakan pada sistem FSO karena sistem tersebut hanya dapat menjangkau jarak yang relatif dekat [4]. Adapun beberapa penelitian pada FSO menggunakan *line coding Return to Zero* (RZ).

Pada penelitian [5] melakukan penelitian performansi FSO pada kereta cepat (*Overground train*). Pada penelitian ini menggunakan *line coding* NRZ dengan *bit rate*

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

sebesar 20 Mbps. Hasil yang didapatkan dalam simulasi ini berupa nilai *Q-Factor* yang memberikan nilai diatas standar  $\geq 7$  yaitu sebesar 28,50 pada jarak 1,4 m, sementara nilai BER yang didapatkan lebih kecil dari  $10^{-12}$ . Pada sistem ini *line coding* tersebut mampu memberikan hasil yang bagus dan melebihi standar yang telah ditetapkan.

Pada penelitian [6] melakukan suatu analisis perbandingan performansi sistem FSO dengan menggunakan *line coding* NRZ dan RZ pada kereta cepat (*Overground train*). *Bit rate* yang digunakan 0,1 s/d 3 Gbps. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem FSO untuk *overground train* sepanjang 3 m dengan *line coding* RZ memberikan nilai *Q-Factor* sebesar 8,73 dengan nilai log BER sebesar -32,89. Sementara untuk sistem dengan *line coding* NRZ hanya menghasilkan *Q-Factor* sebesar 5,76 dengan nilai log BER sebesar -8,39. Dari hasil nilai *Q-Factor* dan log BER yang dihasilkan bahwa performansi *line coding* RZ mampu memberikan performansi sistem yang bagus dari pada *line coding* NRZ.

Pada penelitian [7] juga melakukan analisis perbandingan performansi sistem FSO pada *overground train* dan *underground train*. Penelitian ini menggunakan *line coding* NRZ dengan *bit rate* sebesar 1.25, 2.25, 3.35 dan 4.45 Gbps. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *underground train* memiliki nilai *Q-Factor* mencapai 10.500 dan *overground train* memiliki nilai *Q-Factor* sebesar 570 pada jarak yang sama yaitu 800 m. Dari hasil nilai *Q-Factor* dan efisiensi BER yang didapatkan bahwa performansi dari sistem *underground train* lebih bagus dari pada *overground train*.

Dari penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya, penelitian [6] membahas tentang perbandingan *line coding* NRZ dan RZ pada *overground*, dimana *line coding* RZ memiliki besaran *Q-Factor* dan nilai log BER yang jauh lebih besar dibanding dengan *line coding* NRZ dimana besaran *Q-Factor* ini sangat mempengaruhi jarak transmisi. Pada penelitian [7] membahas tentang perbandingan *overground train* dan *underground train*, dimana pada *underground train* memiliki performansi yang lebih bagus yang dapat dilihat dari nilai *Q-Factor* dibanding dengan *overground*. Melihat besarnya nilai *Q-Factor* yang dihasilkan oleh *line coding* RZ, Penulis ingin melakukan penelitian tentang analisa performansi sistem FSO pada *underground train* menggunakan *line coding* RZ dengan tujuan agar dapat meningkatkan jarak transmisi dan *bit rate* pada sistem tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana performansi sistem *Free Space Optic* pada *Underground train* menggunakan *line coding* RZ.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

### 1.3 Tujuan Masalah

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa performansi sistem *Free Space Optic* pada *Underground train* menggunakan *line coding RZ*.

### 1.4 Batasan Masalah

Agar penulisan ini lebih terarah dan tujuan yang diharapkan tercapai, maka ditetapkan batasan-batasan masalah yang akan diteliti, yaitu:

1. Parameter performansi yang dianalisis berupa *Bit Error Rate (BER)*
2. *Line Coding* yang digunakan *Return to Zero (RZ)*
3. Pemodelan sistem dan simulasi menggunakan *software Optisystem 13*

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu dapat digunakan sebagai referensi bagi peneliti selanjutnya dan dapat pula dijadikan rekomendasi bagi *engineer* ketika akan merancang sistem *Free Space Optic* untuk *underground* di bidang telekomunikasi



## 2.1

### Penelitian Terkait

*Free Space Optic* (FSO) merupakan salah satu alternatif terbaik yang dapat digunakan di dalam penyediaan layanan komunikasi bagi para pengguna jasa transportasi *underground train*. FSO merupakan suatu teknologi komunikasi *wireless* yang menggunakan media cahaya agar dapat menstransmisikan data, suara dan komunikasi video melalui udara. Sumber cahaya yang digunakan dapat berupa LED (*Light Emitting Diode*) maupun Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*). Sistem FSO ini menarik perhatian luas karena memiliki *bandwidth* yang lebar, biaya instalasi yang lebih murah, *bit rate* dan tingkat keamanan yang tinggi, tahan terhadap interferensi gelombang RF dan tidak memerlukan lisensi dalam penggunaan spectrum [2]

Dalam pengiriman sinyal informasi pada sistem komunikasi, penggunaan *line coding* memegang peranan penting karena hal tersebut dapat mempengaruhi laju tingkat kesalahan data, kecepatan pada proses pengiriman, dan kualitas pada sinyal [3]. Untuk menghasilkan suatu sistem yang berjalan dengan optimal dibutuhkan *line coding* yang tepat. *Line coding Non Return to Zero* (NRZ) dan *Return to Zero* (RZ) merupakan *line coding* yang dapat digunakan pada sistem FSO karena sistem tersebut hanya dapat menjangkau jarak yang relatif dekat[4]. Adapun beberapa penelitian pada FSO menggunakan *line coding Non Return to Zero* (NRZ) dan *Return to Zero* (RZ).

Dalam hal ini penelitian terkait tentang *Free Space Optic* pada penelitian [5] tentang “*Investigation of FSO Ground to Train Communication in a Laboratory Environment*”. Pada penelitiannya tersebut membahas tentang performansi FSO pada *Overground train* menggunakan *line coding* NRZ. *Bitrate* yang digunakan 20 Mbps. Hasil yang didapatkan dalam simulasi ini berupa nilai Q-Faktor yang memberikan nilai diatas standar  $\geq 7$  yaitu sebesar 28,50 pada jarak 1,4 m, sementara nilai BER yang didapatkan lebih kecil dari  $10^{-12}$ . Pada sistem ini *line coding* tersebut mampu memberikan hasil yang bagus dan melebihi standar yang telah ditetapkan.

Selanjutnya penelitian [6] tentang “*Performance Investigation of Visible Light Communication System Using Optisystem Simulation Tool*” dimana pada penelitian ini melakukan suatu analisis perbandingan performansi sistem FSO dengan menggunakan *line coding* NRZ dan RZ pada kereta cepat (*overground train*). Penelitian ini

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

menggunakan variasi *bitrate* sekitar 0,1 s/d 3 Gbps, dimana pada variasi *bitrate* tersebut terlihat bahwa *bitrate* 2 Gbps dengan jarak 3 m memberikan hasil yang stabil dan mendukung sistem tersebut dibanding dengan *bitrate* lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem FSO untuk *overground train* sepanjang 3 m dengan *line coding* RZ memberikan nilai Q-Faktor sebesar 8,73 dengan nilai log BER sebesar -32,89 sementara untuk sistem dengan *line coding* NRZ hanya menghasilkan Q-Faktor sebesar 5,76 dengan nilai log BER sebesar -8,39. Dari hasil nilai Q-Faktor dan log BER yang dihasilkan bahwa performansi *line coding* RZ mampu memberikan performansi sistem yang baik dari pada *line coding* NRZ.

Pada penelitian [7] tentang “ *System Performance of Free Space Optics in Underground Moving Train Using Optisystem 14*”. Penelitian ini membahas tentang performansi FSO pada kereta atas tanah dan kereta bawah tanah dengan menggunakan *line coding* NRZ. Penggunaan *bit rate* pada sistem ini sekitar 1,25 s/d 4,25 Gbps, jarak sekitar 700 s/d 1400 m dengan panjang gelombang 1550 nm. Dilihat dari nilai Q-Faktor hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pada *underground train* mencapai 10.500 dan *overground train* 570 pada jarak yang sama yaitu 800 m, sedangkan dilihat dari nilai *bitrate* hasil penelitiannya menunjukkan bahwa *underground train* pada *bit rate* 1,25 mencapai 800 m sedangkan pada *bitrate* 4,25 mencapai 1200 m. Sementara itu untuk *overground train* pada *bit rate* 1,25 hanya mencapai 600 m dan *bit rate* 4,25 mencapai jarak sekitar 800 m. Dari hasil Q-Faktor dan *bit rate* yang didapatkan bahwa performansi dari sistem *underground train* lebih bagus dari pada *overground train*. Keberhasilan penelitian ini dilihat dari beberapa parameter seperti BER dan besarnya daya optik yang diterima.

## 2.2 Free Space Optic (FSO)

Sistem komunikasi optik ruang bebas *Free Space Optic* (FSO) merupakan sistem komunikasi optik dengan media transmisi perambatan cahaya melalui ruang bebas (udara) dimana media propagasinya menggunakan atmosfer. Pada FSO menggunakan sumber cahaya yang berupa LED (*Light Emitting Diode*) dan LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*). FSO ini juga menggunakan sorotan cahaya untuk mengirim *full-duplex* Gigabit Ethernet *throughput* data, suara, dan komunikasi *video* secara simultan melalui udara. Konsep sederhana yang mirip dengan transmisi optik



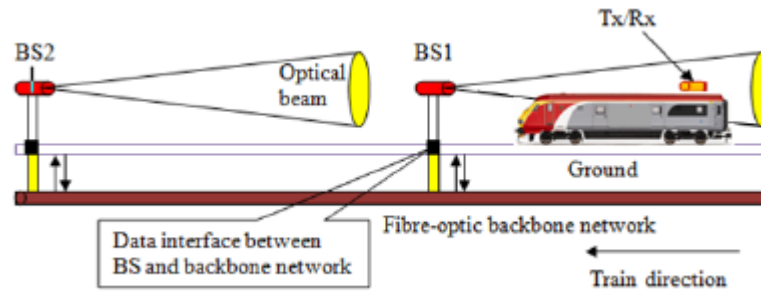
## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

menggunakan kabel namun cahaya yang bergerak diudara lebih cepat daripada di serat kaca merupakan suatu konsep dari penggunaan LASER [2].



Gambar 2.1 Sistem pada *Free Space Optic* [6]

Sistem FSO dapat dioperasikan pada *rate* 1-100 Gbps bergantung dari panjang gelombang dan teknik modulasi yang digunakan. Sistem FSO untuk komersial di desain untuk beroperasi pada daerah inframerah dalam spektrum elektromagnetik, yaitu dengan panjang gelombang 850 nm dan 1550 nm bergantung pada penggunaan. Adapun keunggulan dari sistem komunikasi FSO ini yaitu memiliki kecepatan yang tinggi dan kapasitas bandwith tinggi, biaya instansi yang lebih murah, proses yang mudah dan cepat dalam proses penyebaran, Kebal terhadap gangguan gelombang elektromagnetik, tidak memiliki lisensi, Memiliki tingkat keamanan yang tinggi, karena tidak dapat dideteksi oleh *spectrum analyzer* maupun RF meter [9]

Frekuensi cahaya digunakan sebagai media transmisi yang dimanfaatkan oleh sistem *wireless*. Daerah *infrared* digunakan sebagai daerah panjang gelombang agar dapat disebarkan dengan perangkat optik yang dikembangkan untuk *fiber* dengan harga yang murah. Sistem ini disebut juga dengan sistem komunikasi *wireless* optik. Oleh karena itu, sistem ini sangat cocok untuk jaringan komunikasi privat. Jaringan *fiber* optik yang merupakan pengembangan teknologi *fixed line* kabel tembaga yang dianalogikan dengan baik pada sistem ini. Jarak dan jumlah komponen yang digunakan merupakan perbedaan dari kedua sistem ini. Jaringan *fiber* optik menggunakan serat yang panjang untuk menghubungkan stasiun komunikasi antar benua. Sementara sistem *wireless* optik hanya dipakai untuk jarak yang relatif dekat. Jumlah komponen pada *fiber* optik sangat banyak, sedangkan *wireless* optik hanya memerlukan perlu *transceiver* dengan media transmisi berupa udara [1] [8].

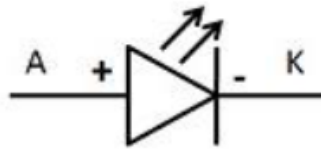


### 2.3 Sumber Optik

Pada sistem komunikasi serat optik terdapat dua jenis sumber optik yang digunakan sebagai pengirim sumber cahaya informasi, yaitu LED (*Light Emitting Diode*) dan LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) [10]

#### 2.3.1 Light Emitting Diode (LED)

LED merupakan sistem komunikasi yang dapat ditempuh dengan jarak sedang dan dekat yang bertujuan untuk mendapatkan sistem yang ekonomis dan efektif karena pembuatan LED lebih mudah dan harganya relatif terjangkau. LED mengubah besaran arus menjadi besaran intensitas cahaya. Cahaya yang dipancarkan oleh LED bersifat tidak koheren yang dapat menyebabkan disperse kromatik. LED cocok untuk transmisi data dengan *bit rate* yang rendah hingga sedang [10].



Gambar 2.2 Simbol LED [10]

Beberapa jenis LED yang digunakan adalah sebagai berikut[10]:

##### a. Surface Emitter (Dioda Burrus) LED

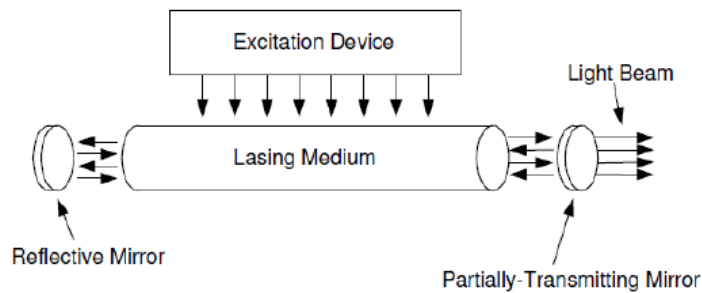
*Surface Emitter* merupakan jenis LED yang memiliki karakteristik dengan tipe *high radiance* dan memiliki radiasi keluaran dengan sudut pancar 180°. Jenis LED ini juga memerlukan bias maju, emisi cahaya 50  $\mu\text{m}$  dan kemasan *pigtail* dengan fiber optik langsung pada daerah aktif sepanjang 30 cm.

##### b. Edged Emitter LED

Karakteristik yang dimiliki oleh jenis LED *Edged Emitter* ini memiliki radiasi keluaran lebih terarah, daerah aktif berbentuk pipih segi empat (*stripe*), pancaran spektrum berbentuk *ellips*, emisi cahaya ke arah samping atau ujung. Jenis LED ini juga memerlukan bias maju, lebar spektrum dengan keluaran sudut paralel 120° dan sudut yang tegak lurus sama dengan 25°-35°

### 2.3.2 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER)

Sistem komunikasi pada LASER bertujuan untuk komunikasi jarak jauh, karena pada LASER memiliki karakteristik yang handal sehingga dapat memancarkan daya dengan intensitas yang cukup tinggi, stabil, terfokus dan bisa merambat dengan kecepatan yang sangat tinggi. Salah satu penggunaan LASER dapat diterapkan pada Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL), pada LASER sedikit rumit jika diterapkan untuk komunikasi dengan jarak dekat karena untuk LASER memerlukan spesifikasi tertentu dengan harga yang relatif mahal [10]



Gambar 2.3 Struktur Dasar LASER[11]

Ada beberapa jenis LASER yang digunakan sebagai berikut [10]

#### 1. Continuous Wave (CW)

Pancaran sinyal terjadi dengan terus menerus dirancang pada laser jenis CW ini. Laser jenis CW dioperasikan konsisten antara output terhadap waktu. Dibutuhkan sumber pompa untuk penguatan agar tetap stabil dan terus dipelihara.

#### 2. Vertical Cavity Surface Emitting Laser (VCSEL)

Laser jenis ini dioperasikan pada 850 nm dan sebagian besar adalah *multimode*. Diperlukan biaya yang sangat rendah karena diproduksi dalam volume tinggi untuk aplikasi komunikasi data.

#### 3. Fabry Perot Laser (FP)

Laser jenis ini beroperasi pada panjang gelombang (1310 nm atau 1550 nm) dengan beberapa *longitudinal mode*. Biaya laser ini menengah antara VCSEL dan DFB .

#### 4. Distributed Feedback Laser (DFB)

Laser ini beroperasi pada panjang gelombang (1310 nm atau 1550 nm) dengan *single longitudinal mode*. Biayanya lebih tinggi daripada VCSEL atau FP.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Terdapat beberapa perbedaan mengenai penjelasan tentang sumber optik yang telah dipaparkan diatas. Salah satu perbedaan nya terletak pada sumber optik LED dan LASER, dimana sumber optik pada LED ini memiliki daya yang kecil, harga yang relatif murah, serta jarak transmisi yang dekat dengan laju bit yang rendah. Sehingga penggunaan pada LED cocok digunakan untuk sistem komunikasi jarak dekat, sedangkan penggunaan pada LASER memiliki daya yang tinggi, terfokus, harga yang cukup mahal serta jarak transmisi yang jauh dengan laju bit tinggi [12]

## 2.4 Photodetector (Detektor Optik)

Sistem komunikasi serat optik yang dapat menerima sinyal cahaya langsung yaitu *photodetector*. *Photodetector* berfungsi untuk mendeteksi perancangan dan pemulihan perangkat pada penerima, ini sangatlah berpengaruh dalam menganalisis sensitivitas dari besarnya daya optik minimum. Sehingga cahaya akan terdeteksi langsung secara optimal, pada sebagian besar photon cahaya yang ada didalam peranti harus diubah menjadi besaran listrik yang dilakukan secara esensial [13]

Ada beberapa persyaratan dalam *photodetector* sebagai berikut:

1. Memiliki sensitivitas yang tinggi.
2. *Bit rate* data yang diterima diakomodasi pada tingkat kecepatan respon
3. Sedikit pengaruh terhadap suhu.
4. Memberi noise tambahan yang minimum.

Jenis-jenis *photodetector* ada dua yaitu dioda PIN (*Positive-Intrinsic Negative*) atau dioda APD (*Avalanche Photo Diode*).

### 2.4.1 Photodetector PIN

Adapun cara kerja dari dioda PIN yaitu dapat mengubah energi optik foton yang diterima menjadi arus keluran berdasarkan *photo voltaic effect*. Disamping itu jenis dioda PIN ini juga memerlukan bias mundur [12]

Berikut karakteristik dari jenis dioda PIN :

1. *Responsitivity* (R)

*Responsitivity* merupakan kemampuan dari *photodetector* untuk mendeteksi suatu sinyal cahaya. Adapun persamaan dari *responsitivity* adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{I_P}{P_O} \quad (2.1)$$



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Keterangan:

R adalah responsivity (A/W)

$I_p$  adalah arus *photodetector* (A)

$P_o$  adalah daya serat optik (W)

Efisiensi Kuantum

Efisiensi kuantum merupakan perbandingan antara pasangan elektron-hole primer terhadap foton yang datang pada dioda. Hubungan antara efisiensi kuantum dengan *responsivity* dan panjang gelombang:

$$\eta = 1,24 \frac{R}{\lambda} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$\eta$  adalah efesiensi kuantum (A/W  $\mu\text{m}$ )

R adalah *responsivity* (A/W)

$\lambda$  adalah panjang gelombang ( $\mu\text{m}$ )

### 3. Rise Time

Rise time merupakan suatu kecepatan respon yang ditentukan oleh daya minimum *rise time detector* tersebut.

### 4. Minimum Required Power

*Minimum Required Power* merupakan daya minimum yang diperlukan pada BER (*Bit Error Rate*) tertentu.

## 2.4.2 Photodetector APD

*Photodetector* APD atau yang merupakan singkatan dari *Photodetector Avalanched Photo Diode* ini memiliki prinsip kerja dengan *reverse* bias yang besar. Terjadi *avalanche effect* yang menghasilkan *impact ionization* berantai pada medan listrik yang tinggi ini dan multiplikasi *avalanche* sehingga terjadi penguatan atau multiplikasi arus. Cara kerja pada *photodetector* APD ini yaitu ketika cahaya datang pada  $P^+$ , lalu diserap oleh bahan  $\pi$  yang bertindak sebagai daerah pengumpul untuk *carrier* cahaya yang dibangkitkan. Dilakukan pemisahan oleh medan listrik pada daerah  $\pi$ , kemudian electron tadi mengalir dari daerah  $pn^+$  *junction* di mana terjadi medan listrik yang tinggi, disinilah *carrier multiplication* terjadi [12] [15]

Berikut karakteristik dari jenis dioda APD:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

*Responsivity* (R)

Persamaan *responsivity* pada photodetector APD adalah sebagai berikut:

$$R_{APD} = R_{PIN} M \quad (2.3)$$

Keterangan:

M adalah faktor multiplikasi APD

*Absorption*

Penyerapan foton di dalam *photodiode* menghasilkan *photocurrent* yang tergantung kepada koefisien *absorpsi* ( $\alpha_o$ ) cahaya di dalam semikonduktor *device*.

Koefisien absorpsi tergantung pada panjang gelombang yang digunakan. Besarnya daya yang diserap *photodiode* dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$P_{abs} = P_o (1 - e^{-\alpha_o d}) \quad (2.4)$$

Keterangan:

$P_{abs}$  = Daya yang diserap oleh APD (mW)

$P_o$  = Daya yang diterima dari serat optik serat (W)

d = Lebar dari *active region* (m)

$\alpha_o$  = Koefisien absorpsi ( $m^{-1}$ )

Hubungan antara  $P_{abs}$ ,  $P_o$ , dan  $\eta$  adalah:

$$\eta = \frac{P_{abs}}{P_o} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$\eta$  = Efisiensi Kuantum

$P_{abs}$  = Daya yang diserap oleh APD (mW)

$P_o$  = Daya yang diterima dari serat optik serat (mW)

Berikut ini beberapa perbedaan antara dua jenis detektor cahaya yaitu pada dioda PIN dan dioda APD [11]

1. Detektor APD baik untuk komunikasi jarak jauh karena APD dapat bekerja pada panjang gelombang 1300 nm, 1500 nm serta 1550 nm dengan kualitas yang baik. Adapun fungsi detektor APD juga mempunyai sensitivitas dan respon yang tinggi terhadap sistem yang menggunakan LASER sebagai sumber optik.
2. Detektor PIN baik untuk komunikasi jarak pendek dan bekerja lebih efisien, karena PIN digunakan untuk *bit rate* rendah dan sensitivitasnya tinggi untuk sistem yang menggunakan LED sebagai sumber optiknya.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Detektor penerima PIN memiliki respon baik pada *bit rate* rendah tetapi kurang sensitif ketika *bit ratenya* dinaikan.

## 2.5 Wilayah Kerja Panjang Gelombang Optik

Penggunaan serat optik yang semakin berkembang sebagai media transmisi dalam komunikasi menuntut adanya standarisasi dalam penggunaan panjang gelombang. Standarisasi ditetapkan agar perangkat optik yang berbeda pabrikan dapat digunakan dalam satu jaringan serat optik. Dilakukan pembagian panjang gelombang menurut wilayah kerjanya, baik dalam jarak transmisi ataupun besar rugi-rugi yang terjadi. Terdapat tiga jendela panjang gelombang dalam penggunaan serat optik sebagai berikut[14]

Tabel 2.1 Jendela Panjang Gelombang

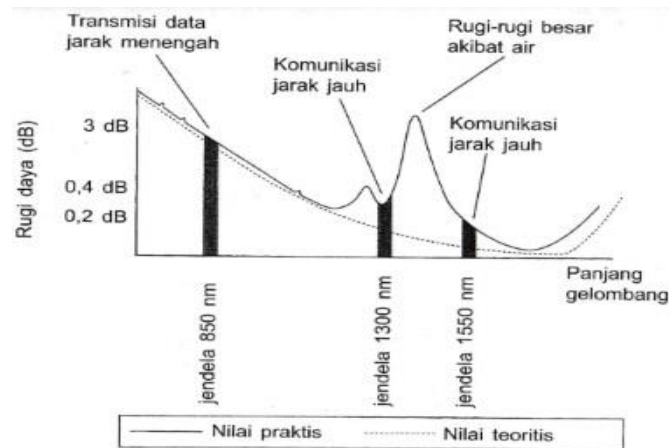
Wilayah Kerja	Range Jendela Panjang Gelombang	Operasi Panjang Gelombang
<b>Jendela Pertama</b>	800 nm – 900 nm	850 nm
<b>Jendela Kedua</b>	1260 nm – 1360 nm	1310 nm
<b>Jendela Ketiga</b>	1500 nm – 1600 nm	1550 nm

Dari tabel 2.1 tentang jendela panjang gelombang diatas telah dijelaskan bahwa panjang gelombang yang biasa digunakan adalah 850 nm, 1310 nm dan 1550 nm. Adapun fungsi pada panjang gelombang 850 nm digunakan untuk komunikasi data yang beroperasi pada transmisi jarak yang dekat seperti LAN, sedangkan fungsi pada panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm digunakan untuk komunikasi data yang beroperasi pada transmisi jarak jauh. Berikut gambar pada grafik jendela panjang gelombang



## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.4 Panjang Gelombang [15]

Dapat dilihat dari grafik jendela panjang gelombang diatas bahwa rugi-rugi yang dimiliki oleh panjang gelombang 1300 dan 1550 nm lebih kecil dari pada panjang gelombang lainnya sehingga kedua panjang gelombang ini lebih sering diterapkan oleh para teknisi untuk komunikasi jarak jauh, akan tetapi dalam perkembangannya diminati untuk komunikasi jarak dekat. Panjang gelombang 1380 pada rentang 1300 -1550 nm sangat dihindari oleh para teknisi karena dinilai memiliki rugi-rugi yang sangat besar, hal ini terjadi karena sinyal yang dihantarkan menggunakan panjang gelombang 1380 nm memiliki kandungan ion-ion air yang diserap oleh kaca mampu menyerap energi [16]

## 2.6 Pengkodean Data

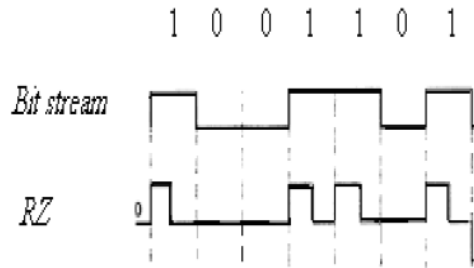
Teknik pengkodean data dilakukan sebelum membuat perencanaan jaringan. Proses *recovery* data disisi penerima pada transmisi sinyal digital membuat rangkian sampling yang beroperasi pada sistem *clock*. Jadi jenis pengkodean data yang dipilih berpengaruh terhadap sistem yang akan dibangun. Hal yang penting dilakukan pada proses perencanaan jaringan serat optik adalah mengenai format sinyal optik yang akan ditransmisikan. Setiap data optik digital disisi receiver harus bisa menarik seluruh informasi dari sinyal yang datang dengan pewaktuan yang tepat sangatlah penting pada praktiknya. Transmisi serat optik pada *line coding* yang digunakan adalah kode biner, *line coding* yang digunakan yaitu *Return to Zero (RZ)* [16]

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 2.6.1 Return to Zero (RZ)

*Return to Zero* (RZ) merupakan format *line coding* yang diterapkan pada komunikasi yang sederhana, dimana pada format *line coding* tersebut dapat menampilkan sinyal dengan deretan bit 1 dan 0, yang mana bit 1 mendefinisikan pulsa positif dan bit 0 mendefinisikan pulsa negatif, pada setiap bit level sinyal akan kembali ke level nol [16]



Gambar 2.5 Format kode pada RZ [16]

## 2.7 Parameter Performansi

### 2.7.1 Link Power Budget

*Link Power Budget* merupakan suatu metode untuk mengetahui performansi jaringan dengan melakukan suatu perhitungan daya yang diterima oleh sistem pada sisi *transmitter* sampai *receiver*. Perhitungan *link power budget* ini dilakukan guna untuk menentukan apakah komponen dan parameter desain yang dipilih dapat menghasilkan daya sinyal disisi penerima sesuai dengan performansi yang diinginkan. Adapun persamaan untuk menghitung *power budget* adalah sebagai berikut [13]

$$P_R = P_{in} - \text{Total loss} + \text{Total Gain} \quad (2.6)$$

Dimana:

$P_{in}$  : Daya Input

Total loss : Jumlah *loss* semua komponen yang terdapat dalam sistem

Total Gain: Jumlah Gain yang terdapat dalam komponen sistem

### 2.7.2 Q-Factor

*Q-Factor* merupakan faktor penentu kualitas yang akan menentukan bagus atau tidaknya suatu link atau jaringan pada sistem tersebut. Dalam sistem komunikasi minimal ukuran *Q-Factor* yang bagus adalah 6 atau  $10^{-9}$  dalam *Bit Error Rate* (BER)

### 2.7.3 Bit Error Rate (BER)

*Bit Error Rate* (BER) merupakan parameter performansi yang dapat mengukur suatu tingkat kesalahan yang terjadi saat pengiriman data bit dari sistem tersebut yang dibagi dengan jumlah banyak bit yang diterima atau perbandingan kesalahan bit dengan semua jumlah bit yang dikirim. Untuk perhitungan BER dapat menggunakan persamaan berikut [14]:

$$BER = \frac{N_E}{N_T} \quad (2.7)$$

Dimana :

$N_E$  : Jumlah bit yang salah  
 $N_T$  : Jumlah bit yang diterima

Pada jaringan optik secara umum, nilai BER yang harus dipenuhi adalah BER  $10^{-6}$  sampai  $10^{-12}$  artinya tiap  $10^9$  hingga  $10^{12}$  bit data yang dikirim, error yang terjadi hanyalah 1 bit. BER juga disebut dengan error probability ( $P_e$ ) atau probabilitas munculnya error dalam transmisi data . Dalam proses transmisi, bit tertentu memiliki amplitudo sinyal yang terlalu terlalu dekat dengan threshold sehingga tidak dapat dibedakan nilainya dengan benar. Hubungan antara BER dan Q-Factor dapat dinyatakan pada persamaan dibawah ini [17]

$$BER = P_e(Q) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q} \quad (2.8)$$

## 2.8 Perangkat Lunak *Optisystem*



Gambar 2.6 Tampilan *Software Optisystem* [18]



*Optisystem* adalah sistem *simulation tool* yang sangat inovatif dan dapat digunakan untuk mendesain atau melakukan pemodelan sistem, pengujian, dan optimasi jaringan optik secara virtual mulai dari jaringan video analog *broadcasting* sampai dengan jaringan *backbone*. *Optisystem* merupakan program simulasi yang dapat berdiri sendiri dan tidak tergantung kepada program simulasi yang lain. *Optisystem* juga berbasis pada pemodelan sistem komunikasi *optic* yang bersifat nyata dan mempunyai kemudahan dalam penambahan komponen dan dilengkapi dengan *interface* ke program simulasi yang lain seperti Matlab. Disamping itu *Optisystem* dilengkapi dengan *Graphical User Interface* (GUI) yang menyeluruh yang terdiri dari *project layout*, komponen *netlist*, model komponen dan tampilan grafik. *Library Optisystem* terdiri dari komponen aktif dan pasif yang tergantung kepada parameter *wavelength*. Parameter *sweep* memudahkan pengguna dalam meneliti pengaruh dari *device* tertentu terhadap performansi sistem [18].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Pada metodologi penelitian ini akan dijelaskan prosedur atau bagaimana langkah-langkah sistematis dalam penyusunan suatu laporan penelitian. Dimana pada penelitian ini pengukuran dan simulasi dilakukan dengan menggunakan *software Optisystem versi 13*. *Software Optisystem* ini digunakan karena dilengkapi dengan *virtual instrument* sehingga pengukuran dan pengujian dapat membantu penulis dengan lancar tanpa ketersediaan peralatan. Pada penelitian ini parameter yang akan dihitung dan dianalisis adalah nilai *Bit Error Rate (BER)*

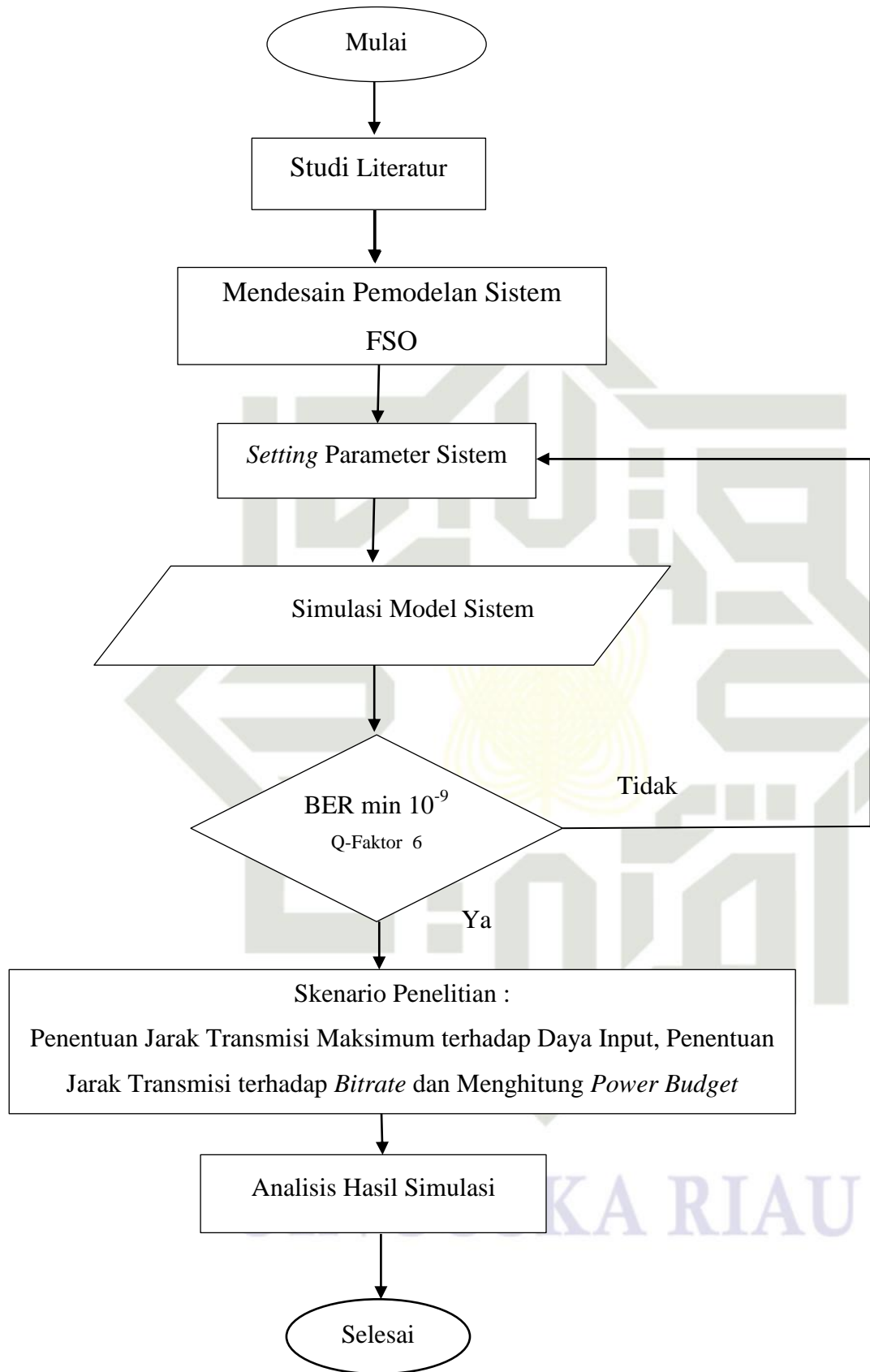
#### 3.1 Flow Chart Penelitian

Pada *flow chart* penelitian ini akan dibahas tentang bagaimana sistematis yang akan dilakukan oleh penulis dalam melakukan penelitian. Dimana langkah awal penulis dalam memulai penelitian ini yaitu dengan melakukan *studi literature* agar mendapatkan topik permasalahan yang akan dibahas. Kemudian setelah mendapatkan topik yang akan dibahas, penulis melakukan perumusan masalah untuk menentukan judul dan tujuan penelitian. Langkah selanjutnya adalah merancang model sistem dari *Free Space Optic* dan hasil rancangan model sistem tersebut disimulasikan menggunakan *software Optisystem*. Tahap akhir dari penelitian ini, penulis mampu menganalisa terhadap model sistem dari hasil simulasi tersebut dan dapat menarik kesimpulan dalam mengerjakan penelitian ini. Berikut adalah *Flow Chart* penelitian yang akan dilakukan

UIN SUSKA RIAU

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

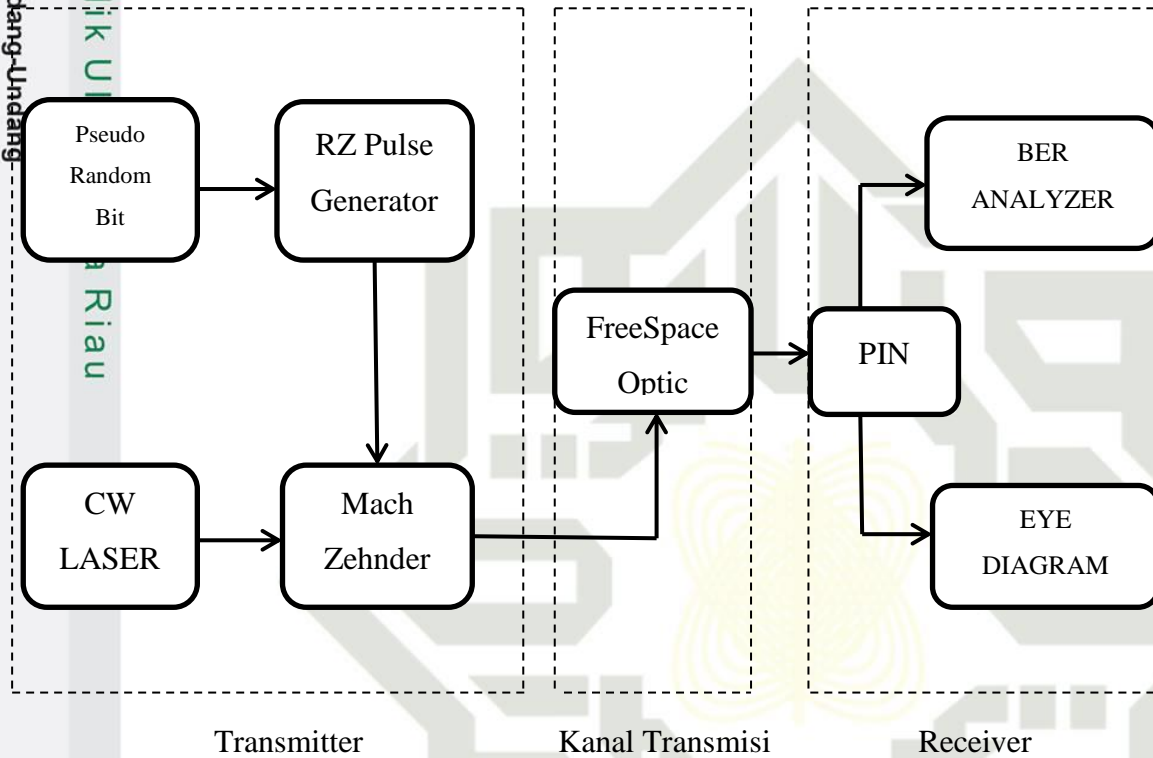


Gambar 3.1 Flow Chart Penelitian



### 3.2 Desain Simulasi

Berikut merupakan proses simulasi pada sistem FSO, adapun bagian-bagian dari proses tersebut dapat meliputi *Transmitter*, *FSO Channel* dan *Receiver*. Dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

Secara umum pada proses simulasi terdapat 3 komponen utama sistem yaitu bagian *transmitter*, kanal transmisi, dan *receiver*. Pada bagian *transmitter*, Sinyal informasi dibangkitkan dengan menggunakan *Pseudo Random Bit Sequence* (PRBS), lalu diteruskan ke *modulator*. Sinyal informasi tersebut dimodulasi dengan menggunakan RZ yang kemudian akan diteruskan ke modulator optik *Mach Zehnder Modulator* (MZM) yang akan memodulasikan sinyal informasi elektrik dengan sinyal optik keluaran dari *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER). Lalu keluaran dari sinyal optik modulator tersebut diteruskan dibagian kanal transmisi.

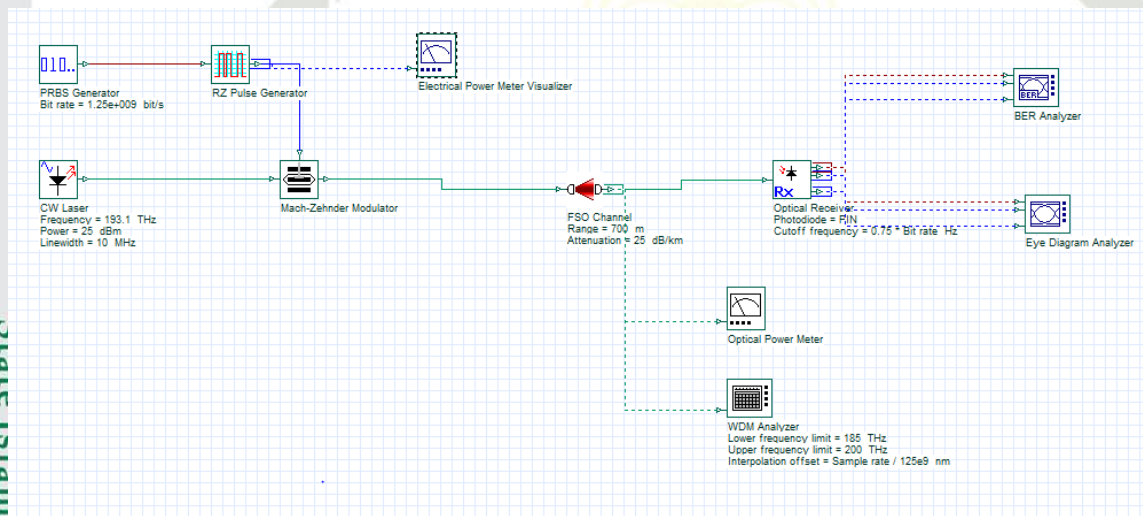
Pada bagian kanal transmisi, media transmisi yang digunakan dalam model sistem ini yaitu *Free Space Optic*. Media transmisi ini digunakan karena dapat mentransmisikan data dengan jarak tempuh yang jauh, *bit rate* yang tinggi, serta mampu memberikan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

performansi sistem yang baik. Kemudian setelah diproses dibagian kanal transmisi lalu sinyal tersebut masuk di bagian *receiver*. Pada bagian *receiver* merupakan bagian perangkat yang dapat menerima sinyal informasi dari bagian *transmitter*. Pendeteksian sinyal cahaya dan diubah menjadi sinyal listrik akan dilakukan oleh *Photodetector*. Jenis *photodetector* yang digunakan adalah PIN. Sinyal digital ditransmisikan oleh media optik yaitu *Free Space Optic* dan diterima oleh *optical receiver* dimana fungsi dari *optical receiver* yaitu menerima sinyal yang berasal dari media transmisi tersebut. dan kemudian sinyal tersebut akan dianalisa dengan *BER Analyzer* guna untuk dilakukannya perhitungan tingkat kesalahan *bit error* dalam pengiriman sinyal pada sistem tersebut

### 3.3 Pemodelan sistem

Pada penelitian ini telah dirancang sebuah model sistem FSO menggunakan *line coding* RZ. Model sistem dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini



Gambar 3.3 Model Sistem FSO menggunakan *Line Coding* RZ pada *Optisystem*

Gambar 3.3 diatas merupakan hasil pemodelan sistem pada software *optisystem* yang telah dirancang sebelumnya. Pada pemodelan ini terdapat beberapa bagian-bagian dan komponen, pada sisi *transmitter* terdapat komponen yaitu PRBS, CW Laser dan MZM. dibagian sisi kanal terdapat komponen FSO dan dibagian *receiver* terdapat komponen *Optical Receiver*.

### 3.4 Parameter Set up

Dalam *Optisystem* 13 terdapat sebuah parameter *Global* yang digunakan dalam proses simulasi dan analisa dari suatu rangkaian, Seperti tabel 3. 1 yang terlihat dibawah ini:

Tabel 3.1 Parameter *Global Set up* pada *Optisystem*

Nama	1,2 Gbps	2,5 Gbps	10 Gbps	20 Gbps	40 Gbps
	Nilai				
<i>Bit rate</i>	$1,2 \times 10^9$ Gbps	$2,5 \times 10^9$ Gbps	$10 \times 10^9$ Gbps	$20 \times 10^9$ Gbps	$40 \times 10^9$ Gbps
<i>Time Window</i>	$10,6 \times 10^{-8}$	$5,12 \times 10^{-8}$	$1,28 \times 10^{-8}$	$0,64 \times 10^{-8}$	$0,32 \times 10^{-8}$
<i>Sample Rate</i>	$77,28 \times 10^9$	$160 \times 10^9$	$640 \times 10^9$	$1280 \times 10^9$	$2560 \times 10^9$
<i>Sequence Length</i>	128 Bit	128 Bit	128 Bit	128 Bit	128 Bit
<i>Sample PerBit</i>	64	64	64	64	64
<i>Number of Sample</i>	8192	8192	8192	8192	8192
<i>Sensitivity</i>	-100 dBm	-100 dBm	-100 dBm	-100 dBm	-100 dBm

Pada parameter *Global* yang terdapat diatas untuk nilai *time window*, *sample rate* dan *number of samples* dimana perhitungannya adalah sebagai berikut:

- $Time\ Window = \frac{Sequences\ Lenght \times 1}{Bitrate}$
- $Number\ of\ samples = Sequence\ length \times Sample\ per\ bit$
- $Sample\ rate = \frac{Number\ of\ Samples}{Time\ window}$

Disamping *Global* parameter, setiap komponen yang terdapat dalam model sistem ini juga harus diset beberapa parameternya. Pada *transmitter* ada beberapa parameter yang akan diset. Set parameter dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini:

Tabel 3.2 Parameter CW LASER [7]

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Frequency</i>	193,1	THz
Daya	0 s/d 25	dBm



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

<i>Linewidth</i>	10	Mhz
------------------	----	-----

Pada tabel 3.2 diatas merupakan *setting* parameter pada CW Laser, dimana frekuensi nya menggunakan 193,1 Thz dengan daya input mulai dari 0 dBm sampai 25 dBm dan *linewidth* 10 Mhz. Dalam penelitian ini menggunakan panjang gelombang sebesar 1550 nm. Langkah selanjutnya *setting* pada bagian PRBS. *Setting* parameter dapat dilihat pada tabel 3.3 dibawah ini

Tabel 3.3 Parameter Masukan PRBS

<i>Nama</i>	<i>Nilai</i>	<i>Satuan</i>
<i>Bit rate</i>	1.2, 2.5, 10, 20 dan 40	Gbps

Pada tabel 3.3 diatas merupakan *setting* parameter pada bagian PRBS, dimana nilai *bit rate* yang digunakan sebesar 1,2 Gbps, 2,5 Gbps, 10 Gbps, 20 Gbps dan 40 Gbps. Selanjutnya dapat men *setting* pada bagian FSO *Channel* yang dapat dilihat pada tabel 3.4 dibawah ini

Tabel 3.4 Parameter FSO Channel [7]

<i>Nama</i>	<i>Nilai</i>	<i>Satuan</i>
<i>Range</i>	100 s/d 1400	M
<i>Attenuation</i>	25	dB/km

Pada tabel 3.4 diatas pada FSO *channel* menggunakan jarak 100 m s/d 1400 m dengan *attenuation* sebesar 25 dB/km sesuai dengan penelitian sebelumnya, karena agar dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Setelah *setting* parameter pada FSO *channel* selesai setelah itu dilanjutkan dengan *setting* parameter di bagian *Photodetector*. Jenis *photodetector* yang digunakan adalah jenis *photodetector* PIN. *Setting* parameter dapat dilihat pada tabel 3.5 dibawah ini

Tabel 3.5 Parameter Photodetector PIN [7]

<i>Nama</i>	<i>Nilai</i>	<i>Satuan</i>
<i>Gain</i>	3	
<i>Responsitivity</i>	1	A/W

Setelah *setting* parameter selesai, maka akan dilanjutkan dengan proses simulasi model sistem.

### 3.5 Simulasi Pengujian Model Sistem

Setelah selesai melakukan proses *setting* parameter langkah selanjutnya yang dilakukan penulis adalah melakukan uji coba terhadap sistem yang dirancang tersebut, jika sistem tersebut berjalan dengan baik dan nilai BER dari sistem tersebut memenuhi standar yaitu  $10^{-9}$  maka simulasi berhasil dan penulis akan menganalisa hasilnya. Tetapi jika tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh BER, maka penulis harus melakukan kembali mengatur parameter-parameter sistem dan melakukan verifikasi ulang simulasi dari awal.

### 3.6 Skenario Penelitian

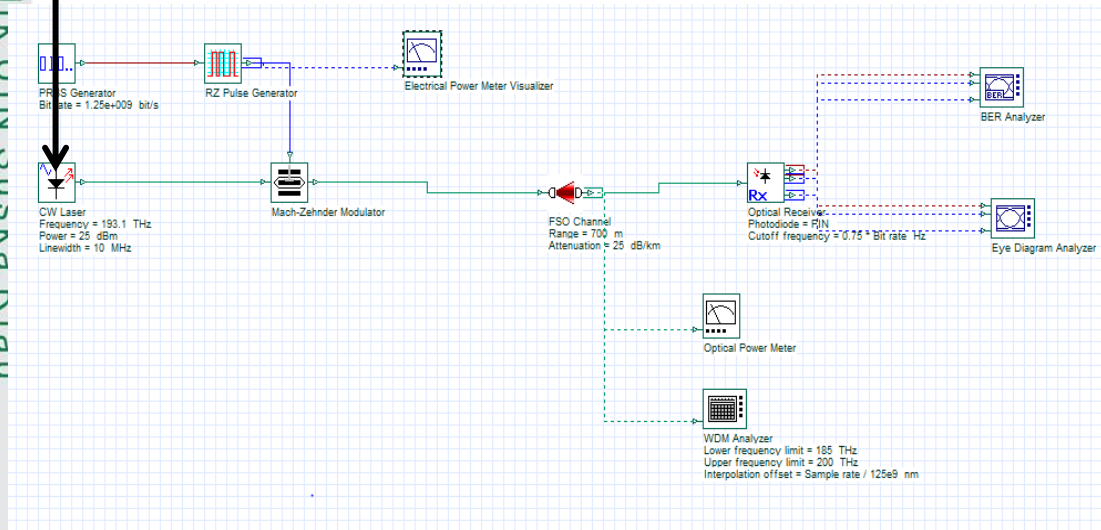
Apabila model sistem tersebut menghasilkan performansi yang baik sesuai dengan nilai standar yang telah ditentukan, maka langkah yang akan dilakukan selanjutnya adalah skenario penelitian. Langkah pertama adalah melakukan suatu verifikasi model sistem yang dibuat dengan melihat besaran parameter *Bit Error Rate* (BER) pada *receiver*. Setelah itu dilanjutkan langkah kedua, yakni dengan melakukan uji coba dengan cara running simulasi tersebut. Apabila simulasi berhasil dan berjalan dengan baik maka penulis dapat menganalisa hasilnya. Model sistem untuk *Free Space Optic* harus memberikan nilai BER sebesar  $10^{-9}$  berdasarkan standar ITU-T dan nilai *Q-Factor* harus memberikan nilai diatas 6.

#### 3.6.1 Penentuan Jarak Transmisi Maksimum dengan Daya input Berbeda

Pada skenario penelitian ini penulis ingin melihat kinerja dari sistem FSO dengan *line coding* RZ serta melihat pengaruh jarak transmisi maksimum pada FSO *channel* untuk iterasi jarak mulai dari 100 m s/d 1400 m dengan nilai redaman sebesar 25 dB/km dan dilakukan suatu analisa dengan melihat adanya nilai keluaran dari *Q-Factor* dan *Bit Error Rate* (BER). Berikut gambaran penentuan jarak transmisi maksimum sistem pada Gambar 3.6 dibawah ini

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Iterasi Daya Input mulai dari 0 dBm sampai 25 dBm

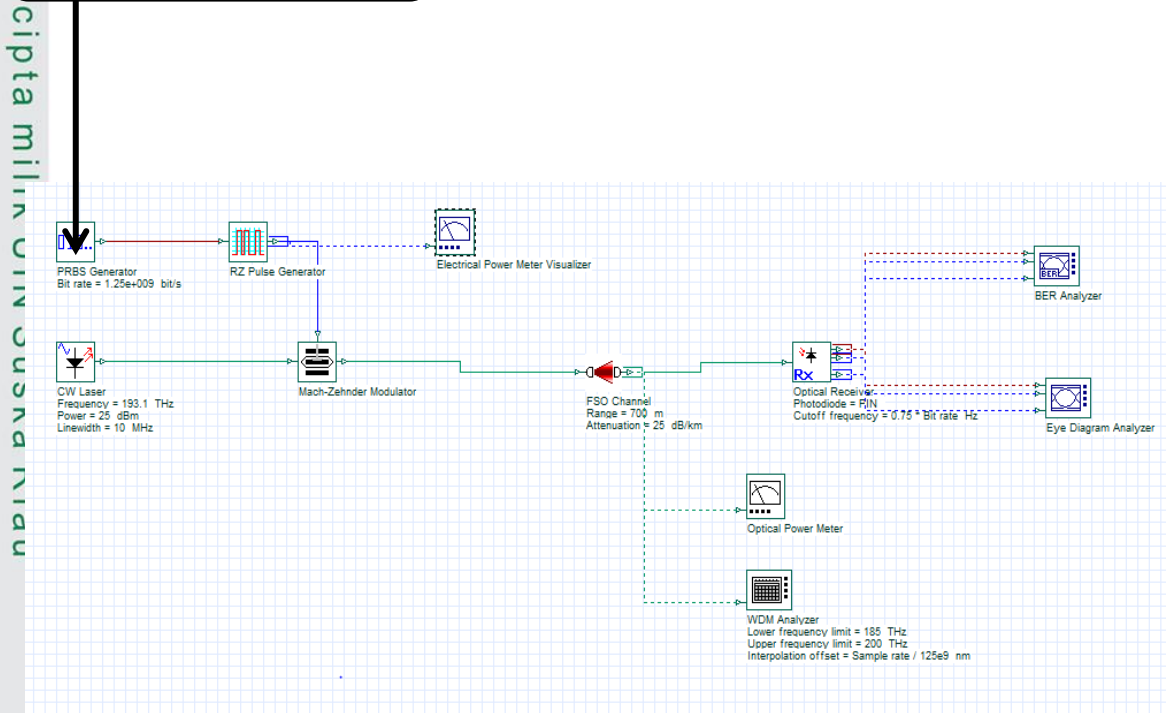


Gambar 3.4 Iterasi Penentuan Daya Input

### 3.6.2 Penentuan Jarak Transmisi dengan *Bitrate* yang Berbeda

Pada skenario penelitian ini penulis ingin melihat kinerja dari sistem FSO dengan *line coding* RZ serta melihat pengaruh jarak transmisi maksimum pada FSO *channel* untuk iterasi jarak mulai dari 100 m s/d 1400 m dengan nilai redaman sebesar 25 dB/km dan dilakukan suatu analisa dengan melihat adanya nilai keluaran dari Q-Factor dan *Bit Error Rate* (BER). Berikut gambaran penentuan jarak transmisi maksimum sistem pada Gambar 3.7 dibawah ini





Gambar 3.5 Iterasi Penentuan *Bitrate*

### 3.7 Perhitungan *Link Power Budget* (LPB)

Pada skenario selanjutnya yaitu perhitungan *Power Budget* guna untuk menentukan daya yang diterima oleh FSO menggunakan *line coding* RZ. Perhitungan *power budget* merupakan parameter untuk penentuan daya yang dibutuhkan oleh sistem untuk menghasilkan besaran BER. Adapun parameter yang digunakan untuk menentukan daya yang diterima pada sistem menggunakan daya sebesar 25 dbm dan jarak 100 m dan jarak 1400 m

### 3.8 Analisa Hasil Simulasi untuk Beberapa Skenario

Pada bagian ini hasil penelitian yang akan dianalisa yaitu dari skenario pertama akan didapatkan grafik perbandingan antara jarak transmisi terhadap BER dengan *line coding* RZ. Kemudian akan ditampilkankan pula grafik hubungan antara jarak terhadap BER dengan beberapa variasi *bitrate*. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah *bit rate* dan jarak transmisi, sedangkan variabel terikatnya adalah *Bit Error Rate* (BER). Sistem dikatakan telah memenuhi standar apabila memiliki nilai BER sebesar  $(10^{-9})$

sebagai indikatornya, sedangkan hasil keluaran akhir dari penelitian ini adalah diperolehnya jarak maksimum, *bit rate* serta daya input dan perhitungan *Link Power Budget* yang diberikan oleh model sistem.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pada bab sebelumnya maka terdapat kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Penggunaan daya input Per 5 dBm dapat meningkatkan jarak transmisi lebih kurang 100 m sampai dengan 200 m. Dengan demikian, pada model sistem FSO menggunakan *line coding* RZ hanya dapat diimplementasikan dengan jarak transmisi yang dekat. Penggunaan *bitrate* 1,2 Gbps pada daya 0 dBm jarak transmisi yang ditempuh 400 m, sedangkan pada *bitrate* 40 Gbps jarak transmisi yang ditempuh 200 m, penggunaan *bitrate* 1,2 Gbps pada daya 25 dBm jarak transmisi yang ditempuh 1000 m sedangkan pada *bitrate* 40 jarak transmisi yang ditempuh 800 m sehingga penggunaan daya input dapat mempengaruhi jarak transmisi, serta perhitungan *Link power budget* konsumsi daya terima pada sistem FSO menggunakan *line coding* RZ untuk jarak 500 m adalah 19,939 dB sedangkan untuk jarak 1400 m adalah 51,316 dB.

#### 5.2 Saran

Untuk meningkatkan performansi sistem *Free Space Optic* pada *Underground train* menggunakan *Line coding* RZ pada penelitian selanjutnya dianjurkan agar menggunakan *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) dan format *line coding* yang berbeda

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Ibrahim. "Persiapan Teknis Pembangunan Transportasi Cepat Massal Di Jakarta". Jakarta: Jurnal Sains dan Teknologi. 2010
- [2] O. Widyarena, G. Hendrantoro dan A. Mauludyanto. "Kinerja Sistem Komunikasi FSO (*Free Space Optics*) Menggunakan *Cell-Site Diversity* di Daerah Tropis". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember(ITS). 2012
- [3] A. Ananta, I. Santoso dan A. A. Zahra. "Simulasi Perbandingan Kinerja Modulasi M-PSK dan M-QAM Terhadap Laju Kesalahan Data Pada Sistem *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM)". Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. 2011
- [4] M. Ashraf. etc "Performance Analysis Delay Line Filter Under Various Weather Conditions". Dept. of Electronic and Communication. Jamia Milia Islamia, Delhi, India. 2018
- [5] R. Paudel. etc " *Investigation of FSO Ground-to-Train Communications in a Laboratory Environment*". United Kingdom: University Northumberia. 2011
- [6] K. Manivannan, A. S.Raja dan S.Selvendran. "*Performance Investigation of Visible Light Communication System Using Optisystem Simulation Tool*". India: *International Journal of Microwave and Optical Technology*. 2016
- [7] M. Sivaranjani dan Dr. J. Vidya. "*System Performance of Free Space Optic in Underground Moving in Using Optisystem 14*". India: *Asian Journal of Applied Science and Techonogy*. 2017
- [8] S. Haryadi dan M. H. Satria. "*Wireless Optical Communication untuk Penggunaan Luar Ruangan*". Bandung: Teknik Telekomunikasi-ITB
- [9] M. A. Arum, B.Supeno dan I. Fibriani. "Analisis Throughput Pada Komunikasi Optik Ruamh Bebas (KORUB) Untuk Two Site". Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember. 2014
- [10] Q. D. Huong. "Analisis Performansi Teknik Modulasi M-PSK Pada SCM/WDM *Radio Over Fiber* Dengan Arsitektur PON". Skripsi, Pekanbaru: UIN SUSKA RIAU. 2015
- [11] T. R. Pratama. "Analisis Performansi Teknik Modulasi M-Ary PSK Pada SCM/WDM *Radio Over Fiber* Menggunakan *Arrayed Waveguied Gratings-Fiber Braggs Gratings* (AWG-FBG)". Skripsi, Pekanbaru: UIN Suska Riau. 2017

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- [12] Muchrizam, “Analisis Performansi *Semiconductor Optical Amplifier* Pada Jaringan Sub *Carrier Multiplexing/Wavelength Division Multiplexing Radio Over Fiber*”. Skripsi. Pekanbaru: UIN Suska Riau. 2012
- [13] R.R.R. Handayani. “Perbandingan performansi sistem DWDM-ISOWC Menggunakan Modulasi CSRZ dan DPSK”. Skripsi, Pekanbaru: UIN Suska Riau. 2019
- [14] D. Wahyudi. “Analisa Performansi Kompensasi Dispersi Jaringan WDM Menggunakan FBG-DCF Dengan *Line Coding RZ*”. Skripsi, Pekanbaru: UIN Suska Riau. 2018
- [15] A. Satria. “Performansi Modulasi 16-Qam *Optical OFDM* pada Jaringan *Radio over Fiber* dengan Metode Pendeteksian Koheren”. Skripsi, Pekanbaru: UIN Suska Riau. 2016
- [16] A. F. Isnawati. “. Pengaruh Dispersi Terhadap Kecepatan Data Komunikasi Optik Menggunakan Pengkodean *Non Return to Zero (NRZ)* dan *Return to Zero (RZ)*. Purwokerto. Institut Teknologi Telkom. 2009
- [17] R. F. Adipati, A. Kusumawardhani dan H. Setijono. “Analisis Parameter *Signal to Noise Ratio* dan *Bit Error Rate* dalam *Backbone* Komunikasi Fiber Optik Segmen Lamongan-Kabalen”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopemeber(ITS).2017
- [18] R. Susanti. “Modul Praktikum Sistem Komunikasi Jaringan Optik”.Pekanbaru. 2018



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

**Resta Pebriani**, lahir di kota Malang, Jawa Timur pada tanggal 28 Februari 1998 yang merupakan anak pertama dari pasangan orangtua, yaitu bapak Selamat dan ibu Suliati yang beralamatkan di Jalan Sumber Makmur RT.05 RW.04 Desa Bathin Betuah Kec.Mandau Kab.Bengkalis, Riau

Email : resta.febriani@students.uin-suska.ac.id

Hp : 0853 5522 0496

Pengalaman pendidikan yang dilalui dimulai di SDN Aek Ger-Ger pada tahun 2003-2009, kemudian melanjutkan ke SMP Swasta di SMP Yappendak Tinjowan pada tahun 2009-2012, setelah itu dilanjutkan ke SMA Negeri di SMAN 5 Mandau dengan jurusan IPA pada tahun 2012-2015, kemudian pendidikan dilanjutkan ke jenjang perguruan tinggi dengan jalur SBMPTN, yaitu di perguruan tinggi UIN SUSKA RIAU, Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Elektro dengan konsentrasi pilihan yaitu Telekomunikasi, Lulus pada Desember 2019 dengan judul penelitian Tugas Akhir “Analisis Performansi Sistem *Free Space Optic* pada *Underground Train* menggunakan *Line Coding RZ*”.

UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.